

## KONVERSI BIOGASOLIN DARI RESIDU MINYAK PALM OIL MILLS EFFLUENT (POME) DENGAN BANTUAN IRADIASI ULTRASONIK DAN PERENKAHAN KATALITIK

### CONVERSION OF BIOGASOLINE DERIVED FROM OIL RESIDUE OF PALM OIL MILLS EFFLUENT (POME) WITH ULTRASONIC IRRADIATION AND CATALYTIC AID

Agus Sundaryono<sup>1)\*</sup>, Arsela Eko Listiono<sup>1)</sup>, M. Lutfi Firdaus<sup>1)</sup>, Dewi Handayani<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Graduate School of Science Education, University of Bengkulu  
Jl. WR Supratman No.1, Bengkulu 38371, Bengkulu, - Indonesia  
E-mail : [asundaryono@unib.ac.id](mailto:asundaryono@unib.ac.id)

<sup>2)</sup> School of Chemistry Education University of Bengkulu, Bengkulu, Indonesia

Makalah: Diterima 13 Februari 2018; Diperbaiki 20 April 2018; Disetujui 25 April 2018

#### ABSTRACT

*Palm oil mill effluent (POME) is a liquid waste by product of fresh fruit bunches processing (FFB) in palm oil factory (POF). POME contains oil residue of 0.7% (from treated FFB). The purpose of this study was to convert oil residue of POME into biogasolin with the help of ultrasonic irradiation and catalytic cracking. The conversion was performed by reacting oil residue of POME with methanol in an esterification and transesterification reaction with the aid of ultrasonic irradiation. The reaction product was further reacted in the catalytic cracking reaction using zeolite-based catalysts (Ni/HZa and Mo-Ni/HZa). The overall reaction results were characterized using GCMS to determine the constituent components. The components found using Mo-Ni/HZa catalyst were 51.22% biogasoline and other products of kerosene and diesel as well as long chain methyl ester components, whereas using Ni/HZa catalyst was found a component equivalent to diesel at 2.44%.*

**Keywords:** biogasoline, ultrasonic irradiation, catalytic cracking, zeolite catalyst, POME

#### ABSTRAK

*Palm oil mill effluent (POME) adalah limbah cair yang merupakan hasil samping pengolahan tandan buah segar (TBS) pada pabrik kelapa sawit (PKS). Di dalam POME masih terkandung residu minyak sebesar 0,7% (dari jumlah TBS yang diolah). Tujuan dari penelitian ini adalah mengkonversi residu minyak dalam POME (RMPOME) menjadi biogasolin dengan bantuan iradiasi ultrasonik dan perengkahan katalitik. Konversi RMPOME dilakukan melalui reaksi esterifikasi dan transesterifikasi menggunakan metanol dengan bantuan iradiasi ultrasonik, hasil reaksi direaksikan lebih lanjut dengan reaksi perengkahan katalitik menggunakan katalis berbasis zeolit (Ni/HZa dan Mo-Ni/HZa). Hasil keseluruhan reaksi dikarakterisasi menggunakan GCMS untuk mengetahui komponen penyusunnya. Komponen yang diperoleh menggunakan katalis Mo-Ni/HZa terdiri dari biogasolin sebesar 51,22%, dan komponen lain setara kerosin dan solar serta komponen metil ester rantai panjang, sedangkan menggunakan katalis Ni/HZa diperoleh komponen setara solar sebesar 2,44%.*

**Kata kunci:** biogasolin, iradiasi ultrasonik, perengkahan katalitik, katalis zeolit, POME

#### PENDAHULUAN

Minyak kelapa sawit merupakan salah satu andalan pendapatan nasional dan devisa negara Indonesia, dalam hal ini Bengkulu sebagai penyumbang terbesar devisa dari sektor kelapa sawit. Bengkulu yang merupakan provinsi penghasil kelapa sawit terbesar di Indonesia sudah selayaknya mampu mengolah *Fatty acid methyl ester (FAME)* sebagai bahan baku untuk bahan bakar. Pabrik kelapa sawit (PKS) di Bengkulu sebagian besar mengolah tandan buah segar (TBS) menjadi *crude palm oil (CPO)*. CPO apabila dimanfaatkan sebagai bahan bakar masih dijumpai masalah, yaitu viskositas yang terlalu tinggi jika dibandingkan dengan *petroleum diesel* (Jan dan Bemd, 2004). Oleh karena itu penggunaan CPO sebagai bahan bakar masih harus dikonversi menjadi metil ester (Hanh *et al.*, 2007; Stavarache *et al.*, 2007). Thaiyasiut dan Pianthong (2011) berhasil mengkonversi CPO menjadi metil

ester pada rasio molar metanol dan CPO (6,44:1) dengan bantuan iradiasi ultrasonik dan memperoleh rendemen 97,85%.

Produksi CPO di Indonesia setiap tahun semakin meningkat, dalam dua tahun terakhir produksi diperkirakan mencapai 35 juta ton lebih. CPO tingkat keterpakaianya sebagai bahan baku minyak makan cukup tinggi, oleh karenanya apabila CPO dikembangkan menjadi bahan bakar biodiesel maka akan dapat mengganggu kebutuhan masyarakat akan minyak sawit. Peningkatan produksi CPO oleh PKS akan berbanding lurus dengan limbah yang dihasilkan, baik limbah dalam bentuk tandan kosong, serat, cangkang, abu maupun limbah cair yang dikenal dengan POME (Ahmed *et al.*, 2015; Bello dan Raman, 2017; Subramaniam *et al.*, 2017; Chaijak *et al.*, 2018; Lam *et al.*, 2018). POME mengandung 95-96% air, 0,6-0,7% minyak dan 4-5% total padatan (Ahmad *et al.*, 2006; Alrawi

*et al.*, 2013; Said *et al.*, 2015; Said *et al.*, 2016, Chung, 2017; Semilin, 2018).

Sebagai ilustrasi satu PKS di Bengkulu mampu mengolah TBS sebesar 30 ton/jam dengan hasil samping berupa POME yang di dalamnya terkandung residu minyak sebanyak 0,7%. Suatu PKS yang mampu beroperasi 10 jam/hari akan membuang residu minyak POME sebanyak 2,1 ton. Pada beberapa pabrik residu minyak POME ini bisa dikumpulkan untuk kepentingan tertentu. Residu minyak POME dapat pula dikonversi menjadi metil ester. Konversi residu minyak POME menjadi metil ester membutuhkan waktu yang relatif lama yakni 4 jam pada reaksi esterifikasi dan 2 jam pada saat reaksi transesterifikasi (Sundaryono, 2011).

Perengkahan katalitik merupakan reaksi pemutusan senyawa karbon rantai panjang menjadi lebih pendek dengan adanya katalis. Katalis MgO pada reaksi perengkahan katalitik CPO menghasilkan hidrokarbon campuran olefin dan parafin (Tani *et al.*, 2011). Penggunaan katalis ZSM-5 yang dikalsinasi dalam reaksi perengkahan katalitik CPO (yang sudah difraksinasi) dapat menghasilkan rantai karbon yang lebih pendek (Tambun *et al.*, 2017). Katalis logam Cu yang diimpregnasi pada katalis ZSM-5 mampu mengkonversi CPO menjadi gasolin (Bahnur dan Saidina, 2006).

Penelitian yang dilakukan ini tidak menggunakan CPO sebagai bahan baku akan tetapi menggunakan residu minyak POME (RMPOME) sehingga tidak mengganggu CPO sebagai bahan pangan. RMPOME dikonversi menjadi metil ester dengan bantuan iradiasi ultrasonik, selanjutnya melalui reaksi perengkahan katalitik menggunakan katalis berbasis zeolit dari Ni/HZa dan Mo-Ni/HZa untuk mengkonversi metil ester menjadi biogasolin.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah RMPOME (dalam mL), zeolit alam (dalam g), metanol (p.a 99,9%, Merck), n-heksana (p.a 99,9%, Merck), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (p.a 95% - 97%, Merck), HCl (p.a 32%, Merck), H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (p.a 32%, Merck), KOH (Pelet, Merck), NaOH (Pelet, Merck), HNO<sub>3</sub> (p.a Merck), kertas saring, NiCl<sub>2</sub> · 9H<sub>2</sub>O (p.a Merck) dan (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub> · 4H<sub>2</sub>O (p.a Merck)

Alat yang digunakan adalah termometer 400°C, peralatan gelas, *hot plate*, *magnetic stirrer*, ayakan 120 mesh, seperangkat alat refluks, seperangkat alat destilasi, *viscometer ostwalt*, oven, *muffle furnace*, *ultrasonic cleaner*, *freezer*, GCMS (Shimadzu QP-2010 Series)

### Metode Penelitian

#### Pengolahan RMPOME

Pemanasan, Degumming dan Bleaching (Sundaryono, 2011)

RMPOME merupakan residu minyak yang di dalamnya terdapat kotoran dari berbagai pengotor misalnya berupa air, padatan yang tercampur, lendir fosfatida, resin, zat warna dan kotoran lain. Pengotor ini dapat dipisahkan dengan cara dipanaskan pada suhu 100°C untuk menguapkan air, kemudian disaring untuk memisahkan padatan yang tercampur. Fosfatida, protein dan resin dipisahkan dengan cara *degumming* yaitu dengan menambahkan pada RMPOME larutan asam fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 0,6%), sebanyak 1-3% dari volume RMPOME. Zat warna RMPOME dikurangi dengan jalan *bleaching* dengan cara menambahkan zeolit aktif, kemudian dipanaskan pada suhu 120°C selama 1 jam, selanjutnya disaring dengan menggunakan kertas saring.

#### Penentuan ALB (Ramdja *et al.*, 2010)

Asam lemak bebas (ALB) ditentukan dengan cara titrasi asam basa menggunakan metode Ramdja yang telah dimodifikasi: sebanyak 2,5 g RMPOME di dalam erlenmeyer, ditambah 5 mL alkohol kemudian dipanaskan sampai campuran homogen, selanjutnya campuran didinginkan dan ditambahkan 2 tetes indikator *phenolphthalein*. Campuran dititrasi dengan NaOH 0,1 N yang sudah distandarisasi dengan asam oksalat. Titrasi diakhiri dengan terbentuknya warna merah jambu dan warnanya tidak hilang selama 30 detik. ALB dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\% \text{ ALB} = \frac{\text{Volume NaOH} \times N \text{ NaOH} \times \text{BM Asam Lemak}}{\text{Berat sampel} \times 1000} \times 100$$

Apabila ALB  $\geq$  2% maka perlu terlebih dahulu dilakukan reaksi esterifikasi dengan menggunakan katalis asam, kemudian dilanjutkan dengan tahap reaksi transesterifikasi menggunakan katalis basa.

### Preparasi Katalis

#### Katalis H-Zeolit Alam (HZa)

Zeolit alam direndam dengan aquades sambil diaduk, selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C. Zeolit yang telah kering ditumbuk dan diayak dengan ayakan 120 mesh. Zeolit alam (Za) dimasukkan dalam larutan pengaktif HCl 2 M (perbandingan Za:HCl adalah 1:2) sambil diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 4 jam tanpa pemanasan. Zeolit yang diperoleh (HZa) dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C.

#### Pembuatan Katalis Ni/HZa (Sari *et al.*, 2017)

Katalis Ni/HZa dibuat dengan jalan impregnasi logam Ni pada HZa. Impregnasi dilakukan dengan cara mencampurkan serbuk HZa dan larutan NiCl<sub>2</sub> · 9H<sub>2</sub>O 0,1 M (12,4 : 1) dalam aquades 500 mL, kemudian direfluks pada suhu 90°C selama 12 jam, setelah disaring zeolit dikeringkan dalam oven pada suhu 120°C selama 3 jam. Katalis Ni/HZa selanjutnya diaktivasi dengan

cara kalsinasi memakai *muffle furnace* pada suhu 500°C selama 4 jam.

*Pembuatan Katalis Mo-Ni/HZa (Trisunaryanti et al., 2005)*

Katalis Mo-Ni/HZa dibuat dengan cara impregnasi logam Mo ke dalam katalis Ni/HZa. Di dalam labu leher tiga yang berisi aquades 500 mL dimasukkan  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$  dan Ni/HZa (1:16,5), campuran ini direfluks sambil diaduk dengan *magnetic stirrer* pada suhu 90°C selama 12 jam. Katalis Mo-Ni/HZa yang diperoleh disaring, kemudian dikeringkan menggunakan oven selama 3 jam pada suhu 110°C, selanjutnya dikalsinasi pada suhu 500°C.

### Konversi Metil Ester dengan Bantuan Iradiasi Ultrasonik

#### Tahap Reaksi Esterifikasi

Metil ester dikonversi dari RMPOME melalui dua tahap reaksi yaitu reaksi esterifikasi dan transesterifikasi. Reaksi transesterifikasi dapat dilakukan jika kadar ALB dari RMPOME sebesar  $\leq 2\%$ . Tahap reaksi esterifikasi dilakukan dengan mencampurkan metanol dan RMPOME (6:1) dalam labu alas bulat dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  sebagai katalis (1% berat RMPOME). Campuran ini diiradiasi menggunakan *ultrasonic cleaner* selama 30 menit pada frekuensi 45 kHz, dan suhu 60°C. Hasil iradiasi ultrasonik dimasukkan dalam corong pisah kemudian dibiarkan satu malam, selanjutnya dilakukan uji kadar ALB. Jika kadar ALB masih lebih dari 2% maka perlu dilakukan esterifikasi ulangan sampai diperoleh ALB = 2% atau lebih kecil.

#### Tahap Reaksi Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi dilakukan terhadap hasil esterifikasi dengan menambahkan metoksi (0,4 g NaOH dalam 40 mL metanol). Campuran metil ester dan metoksi diiradiasi dengan *ultrasonic cleaner* selama 25 menit pada suhu 60°C. Campuran dimasukkan ke dalam corong pisah dan didiamkan selama satu malam. Metil ester yang diperoleh dicuci dengan menggunakan air hangat sampai air cucian jernih.

### Perengkahan Katalitik dengan Katalis Ni/HZa Dan Mo-Ni/HZa

Metil ester sebagai hasil konversi RMPOME dimasukkan ke dalam labu leher tiga, kemudian ditambahkan katalis Ni/HZa (5%). Campuran direfluks pada suhu 380°C selama 2 jam, selanjutnya hasil dari refluks didestilasi pada suhu 380°C-400°C untuk memisahkan komponen hasil. Destilat yang diperoleh dianalisis dengan GC-MS. Hal yang sama dilakukan dengan mengganti katalis Ni/HZa dengan katalis Mo-Ni/HZa.

### Penentuan Sifat Fisik dan Kimia

Sifat fisik dan kimia yang diuji pada penelitian ini antara lain densitas, viskositas kinematik 40°C, titik tuang dan pengkabutan, kadar air, dan angka asam.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Zeolit alam (Za) diaktivasi melalui cara dealuminasi yaitu melepaskan alumina dari zeolit dengan perlakuan asam, dengan tujuan untuk meningkatkan rasio Si/Al di dalamnya. Meningkatkan rasio Si/Al akan meningkatkan pula tingkat keasaman katalis (Handoko, 2002). Perendaman zeolit alam (Za) dalam HCl (HZa) berakibat sejumlah Al di dalam rangka zeolit berubah menjadi Al di luar rangka, sehingga rasio Si/Al menjadi meningkat. Zeolit alam yang didealuminasi dengan perlakuan asam menyebabkan pori-pori menjadi lebih terbuka yang disebabkan karena melarutnya senyawa-senyawa pengotor yang menutupi pori-pori zeolit, sehingga terjadi peningkatan luas permukaan spesifik yang relatif besar.

### Impregnasi Logam Ni dan Mo pada HZa

Pada penelitian ini impregnasi dilakukan melalui pertukaran ion agar semua logam terikat pada permukaan zeolit. Logam aktif yang tersebar merata ke seluruh pori zeolit akan meningkatkan luas permukaan katalis. Dalam penelitian ini logam yang terimpregnasi pada penyangga zeolit tidak sama, karena ukuran dari logam yang diimpregnasikan berbeda. Logam Mo memiliki ukuran yang relatif lebih besar (jari-jari 2,01 Å) dibandingkan dengan logam Ni (jari-jari 1,25 Å) sehingga kemungkinan logam Mo yang masuk ke dalam rongga zeolit akan lebih sedikit dibanding logam Ni. Trisunaryati *et al.* (2005) membandingkan keasaman katalis zeolit yang diimban dengan logam tunggal Ni (keasaman dalam rongga zeolit : 1,115 mmol/g) dan keasaman katalis zeolit yang diimban dengan logam Ni dan logam Mo (keasaman dalam rongga zeolit : 1,86 mmol/g). Zeolit yang diimban dengan dua logam mempunyai keasamaan katalis yang lebih tinggi daripada hanya diimban dengan logam tunggal. Dengan demikian katalis Mo-Ni/HZa mempunyai keasamaan yang lebih tinggi dibanding katalis Ni/HZa, oleh karenanya diharapkan katalis Mo-Ni/HZa dalam reaksi perengkahan katalitik mempunyai kemampuan lebih baik. Pada Penelitian ini perengkahan katalitik metil ester dilakukan dengan menggunakan katalis Mo-Ni/HZa maupun katalis Ni/HZa. Pada perengkahan katalitik metil ester menggunakan katalis Mo-Ni/HZa hasil yang diperoleh merupakan hidokarbon dengan komponen setara gasolin (biogasolin) sebesar 51,22%, setara kerosin sebesar 7,8% dan setara solar sebesar 8,32% sedangkan dengan menggunakan katalis Ni/HZa

hanya diperoleh hidrokarbon dengan komponen setara solar sebesar 2,44%.

### Konversi RMPOME menjadi Metil Ester

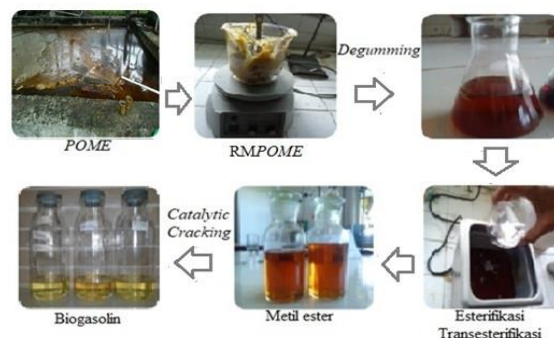
Konversi minyak nabati menjadi metil ester digunakan reaksi transesterifikasi. Transesterifikasi adalah tahap konversi dari trigliserida menjadi alkil ester melalui reaksi dengan alkohol dengan produk samping gliserol. Pada penelitian ini tahap konservasi didahului dengan beberapa perlakuan terhadap RMPOME, antara lain: pemanasan, penyaringan, *degumming* dan *bleaching*. Tujuan dilakukannya pemanasan untuk menghilangkan air, penyaringan untuk menghilangkan kotoran, sedangkan *degumming* untuk menghilangkan gum (getah dan lendir) dan *bleaching* untuk menghilangkan zat warna seperti beta karoten. Proses *degumming* dilakukan dengan menambahkan larutan  $H_3PO_4$  0,6% ke dalam RMPOME. Proses *bleaching* RMPOME dilakukan dengan menggunakan zeolit yang telah diaktivasi.

Kandungan ALB yang tinggi pada minyak dapat mengakibatkan reaksi transesterifikasi terganggu karena terbentuknya sabun pada reaksi penyabunan. Kandungan ALB pada RMPOME sebesar 44%-49%, agar terhindar dari terbentuknya sabun maka konversi RMPOME menjadi metil ester dilakukan dua tahap yaitu esterifikasi dan transesterifikasi. Tahap esterifikasi dimaksudkan untuk merubah ALB menjadi metil ester dengan katalis  $H_2SO_4$ . Esterifikasi dilakukan dengan bantuan iradiasi ultrasonik menggunakan alat *ultrasonic cleaner*. Bantuan iradiasi ultrasonik dimaksudkan agar reaksi berjalan menjadi lebih cepat. Proses esterifikasi yang dijalankan secara konvensional membutuhkan waktu 4 jam (Sundaryono *et al.*, 2015), sedangkan dengan bantuan iradiasi ultrasonik waktunya diperpendek menjadi 30 menit.

Pada akhir reaksi esterifikasi, ALB turun menjadi 1,3%, selanjutnya dilakukan tahap transesterifikasi dengan menggunakan katalis NaOH yang bertindak sebagai alkoksida dan merupakan nukleofil kuat. Metanol digunakan karena merupakan alkohol berantai pendek dan sifatnya paling polar, sehingga memiliki viskositas paling rendah dan mudah melarutkan NaOH. Penggunaan metanol dapat menghasilkan metil ester yang stabil. Perbandingan metanol dan RMPOME yang digunakan dalam penelitian ini adalah 6:1,

sedangkan katalis yang digunakan sebanyak 1% dari berat RMPOME. Reaksi transesterifikasi dilakukan dengan bantuan iradiasi ultrasonik menggunakan alat *ultrasonic cleaner* metode ini digunakan untuk mempersingkat waktu reaksi. Reaksi transesterifikasi secara konvensional dilakukan selama 2 jam (Sundaryono *et al.*, 2015) sedangkan dengan menggunakan bantuan iradiasi ultrasonik waktunya diperpendek menjadi 25 menit. Ilustrasi proses konversi biogasolin dari RMPOME dapat dilihat pada Gambar 1.

Hasil konversi RMPOME menjadi metil ester pada penelitian ini diperoleh rendemen sebesar 71,6%, relatif sama dengan cara konvensional yang menghasilkan metil ester dengan rendemen sebesar 72,6% (Sundaryono *et al.*, 2015), perbedaan rendemen kemungkinan disebabkan oleh waktu reaksi dengan metode ultrasonik ditentukan hanya selama 25-30 menit, kemungkinan masih dapat bertambah apabila waktu reaksi diperpanjang menjadi lebih dari 30 menit. Dalam hal rendemen metil ester yang diperoleh maka penggunaan iradiasi ultrasonik dalam reaksi esterifikasi dan transesterifikasi lebih menguntungkan karena dengan penggunaan waktu reaksi yang lebih singkat diperoleh rendemen yang relatif sama dengan cara konvensional.



Gambar 1. Tahapan konversi biogasolin dari RMPOME

Metil ester yang dihasilkan kemudian dicuci dengan menggunakan air dengan suhu 60°C untuk menetralkan metil ester. Metil ester yang diperoleh selanjutnya dianalisis dengan GC-MS. Komponen metil ester berdasarkan analisis GC-MS disajikan pada Tabel 1 dan karakterisasi metil ester hasil konversi RMPOME disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Komponen metil ester hasil konversi RMPOME

No	Komponen	Rumus molekul	Berat molekul (g/mol)	Komposisi (%)
1	Asam stearat metil ester	$C_{19}H_{38}O_2$	298	5,4
2	Asam oleat metil ester	$C_{19}H_{36}O_2$	296	41,1
3	Asam palmitat metil ester	$C_{17}H_{34}O_2$	270	52,4
4	Asam meristat metil ester	$C_{15}H_{30}O_2$	242	1,1

Tabel 2. Karakteristik fisik dan kimia metil ester

Parameter	Satuan	Metil ester	SNI Metil ester
Densitas	g/cm <sup>3</sup>	0,85	0,85-0,89
Viskositas kinematik 40°C	cSt	1,69	2,3 - 6,0
Titik tuang	°C	8,50	Maks 18°C
Titik pengkabutan	°C	8,84	Maks 18°C
Kadar air	%berat	0,74	Maks 0,05
Angka asam	mg KOH/g minyak	1,12	Maks 0,8

Metil ester hasil konversi RMPOME tersusun atas komponen senyawa yang memiliki rantai karbon panjang dengan berat molekul yang besar. Dalam penelitian ini metil ester dikonversi lebih lanjut menjadi senyawa dengan rantai karbon yang lebih pendek dengan berat molekul yang lebih kecil (setara gasolin). Konversi metil ester menjadi senyawa dengan rantai karbon lebih pendek dilakukan dengan metode perengkahan katalitik menggunakan katalis Ni/HZa dan Mo-Ni/HZa.

#### Perengkahan Katalitik Metil Ester dengan Katalis Ni/HZa dan Mo-Ni/HZa

Perengkahan katalitik merupakan suatu metoda pemutusan senyawa rantai karbon panjang menjadi suatu senyawa dengan rantai karbon yang lebih pendek melalui bantuan katalis. Proses perengkahan katalitik metil ester pada penelitian ini dilakukan dengan cara memanaskan metil ester hasil konversi RMPOME selama 3 jam pada suhu 380°C, dengan 5% katalis Ni/HZa dan 5% katalis Mo-Ni/HZa pada penelitian yang lain. Hasil perengkahan katalitik metil ester dianalisis menggunakan GCMS. Komponen penyusun hasil perengkahan katalitik metil ester dengan katalis Ni/HZa disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Komponen hasil perengkahan katalitik metil ester dengan katalis Ni/HZa

Komponen	Jumlah rantai karbon	% Komposisi
Gasolin	C5 - C10	-
Kerosin	C11 - C12	-
Solar	C13 - C17	2,44
Minyak gas berat	C18 - C25	-
Metil ester rantai pendek	C11-15 H <sub>y</sub> O <sub>z</sub>	14,41
Metil ester rantai panjang	C16-19 H <sub>y</sub> O <sub>z</sub>	83,15

Analisis dengan GCMS menunjukkan bahwa senyawa hidrokarbon yang dihasilkan dalam reaksi perengkahan katalitik metil ester dengan katalis Ni/HZa merupakan komponen yang setara solar sebesar 2,44%. Komponen hasil perengkahan katalitik metil ester dengan katalis Mo-Ni/HZa dapat dilihat pada Tabel 4.

Hasil perengkahan katalitik metil ester dengan katalis Mo-Ni/HZa merupakan hidrokarbon dengan komponen setara gasolin atau biogasolin (C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub>) sebesar 51,22%, hidrokarbon dengan

komponen setara kerosin (C<sub>11</sub>-C<sub>12</sub>) sebesar 7,38 %, dan hidrokarbon dengan komponen setara solar (C<sub>13</sub>-C<sub>17</sub>) sebesar 8,32 %, serta metil ester dengan jumlah rantai karbon lebih pendek dibanding metil ester semula. Senyawa hidrokarbon yang dihasilkan dalam reaksi perengkahan katalitik metil ester pada penggunaan katalis Ni/HZa dan penggunaan katalis Mo-Ni/HZa, jika dibandingkan maka logam Mo yang berfungsi sebagai kopromotor dalam katalis Mo-Ni/HZa dapat meningkatkan kemampuan katalis Ni/HZa.

Tabel 4. Komponen hasil perengkahan katalitik metil ester dengan katalis Mo-Ni/HZa

Komponen	Jumlah rantai karbon	% Komposisi
Gasolin	C5 - C10	51,22
Kerosin	C11 - C12	7,38
Solar	C13 - C17	8,32
Minyak gas berat	C18 - C25	6,53
Metil ester rantai pendek	C11-15 H <sub>y</sub> O <sub>z</sub>	1,3
Metil ester rantai panjang	C16-19 H <sub>y</sub> O <sub>z</sub>	22,66

Katalis Ni/HZa pada reaksi perengkahan katalitik metil ester hasil konversi RMPOME yang hanya mampu mengkonversi metil ester dengan rantai karbon panjang menjadi hidrokarbon dengan komponen setara solar dan metil ester dengan rantai karbon lebih pendek menjadi meningkat kemampuannya setelah diimpregnasi logam Mo karena dapat menghasilkan hidrokarbon dengan komponen setara gasolin atau biogasolin, kerosin dan solar. Kemampuan katalis Mo-Ni/HZa dalam menghasilkan biogasolin juga lebih besar jika dibandingkan katalis Ni-Mo/HZa yang hanya menghasilkan biogasolin sebesar 10,63% (Sundaryono *et al.*, 2015).

Jumlah logam Ni yang mengisi permukaan zeolit dalam katalis Mo-Ni/HZa dan Ni-Mo/HZa pada impregnasi logam Ni dan Mo (1:1) adalah sama, sedangkan jumlah logam Ni yang mengisi rongga zeolit pada katalis Mo-Ni/HZa lebih kecil (Trisunaryant *et al.*, 2005). Impregnasi logam Mo yang dilakukan pada katalis Ni/HZa memungkinkan dapat mengisi rongga zeolit yang belum terisi penuh oleh logam Ni, sehingga jumlah logam Mo yang mengisi permukaan dan rongga zeolit pada katalis Mo-Ni/HZa lebih besar dari pada jumlah logam Mo yang mengisi permukaan dan rongga zeolit pada katalis Ni-Mo/HZa.

Tabel 5. Karakteristik hasil reaksi perengkahan katalitik metil ester dengan katalis Ni/HZa dan Mo-Ni/HZa

Parameter	Satuan	Sampel			Pembanding	
		Metil ester	Hasil perengkahan katalitik		Gasolin	Kerosin
			Katalis Ni/HZa	Katalis Mo-Ni/HZa		
Viskositas kinematik 40°C	cSt	1,683	1,391	1,113	0,456	1,058
Densitas	g/cm <sup>3</sup>	0,849	0,799	0,803	0,772	0,795
Titik tuang	°C	5,67	0	0	0	0
Titik kabut	°C	11,67	1,67	1,43	1	1
Kadar air	% berat	0,739	0,932	-	0,26	0,46
Angka asam	mg KOH /g minyak	1,122	1,86	1,92	0,748	0,935

Dengan demikian peranan logam Mo sebagai kopromotor dalam mempercepat reaksi pada katalis Mo-Ni/HZa dimungkinkan lebih besar oleh karenanya pada reaksi perengkahan metil ester menggunakan katalis Mo-Ni/HZa dalam menghasilkan biogasolin menjadi lebih besar dibanding penggunaan katalis Ni-Mo/HZa.

Karakteristik fisik hasil reaksi perengkahan katalitik metil ester menggunakan katalis Ni/HZa dan Mo-Ni/HZa dapat dilihat pada Tabel 5. Berdasar uji karakteristik fisik, hasil reaksi perengkahan katalitik metil ester dengan katalis Mo-Ni/HZa mempunyai karakter fisik mendekati bahan bakar gasolin dan kerosin antara lain densitas; titik tuang; dan titik pengkabutan, sedangkan viskositas mendekati kerosin, sementara itu angka asam masih jauh di atas angka asam gasolin maupun kerosin.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Residu minyak pada POME (RMPOME) dengan bantuan iradiasi ultrasonik dan perengkahan katalitik dengan katalis Mo-Ni/HZa dapat dikonversi menjadi hidrokarbon dengan komponen setara gasoline atau biogasolin sebesar 51,22%, setara kerosin sebesar 7,8% dan setara solar sebesar 8,32% sedangkan dengan menggunakan katalis Ni/HZa menghasilkan hidrokarbon setara solar sebesar 2,44%.

### Saran

Disarankan untuk menggunakan katalis heterogen pada saat reaksi esterifikasi agar katalis dapat dengan mudah dipisahkan pada hasil akhir. Katalis Mo-Ni/HZa yang digunakan perlu dilakukan karakterisasi untuk mengetahui luas permukaan spesifik, volume pori dan jari-jari pori dari katalis. Untuk penentuan keasaman katalis dapat dilakukan dengan metode gravimetri dan penentuan luas permukaan spesifik, volume pori dan jari-jari pori dapat ditentukan dengan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis sampaikan terimakasih pada Dirjen DIKTI yang telah memberikan dana penelitian

melalui skim Hibah Strategis Nasional Institusi Tahun Anggaran 2018, dengan kontrak penelitian nomor : 559/UN30.15/LT/2018.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad AL, Sumathi S, dan Hameed BH. 2006. Coagulation of residue oil and suspended solid in palm oil mill effluent by chitosan, alum and PAC. *Chemical Engineering Journal*. 11: 99–105.
- Ahmed Y, Yaakob Z, Akhtar P, Sopian K. 2015. Production of biogas and performance evaluation of existing treatment processes in palm oil mill effluent (POME). *Renewable & Sustainable Energy Reviews Journal*. 42 : 1260–1278.
- Alrawi RA, Norulaini N, Rahman, Nab, Ahmad A, Ismail N, Omar AKM. 2013. Characterization of oily and non-oily natural sediments in palm oil mill effluent. *Chemical Journal*. 2013: 1-11.
- Bahnur TS dan Saidina NA. 2006. Catalytic cracking of palm oil to gasoline over pretreated Cu-ZSM-5. *Jurnal Teknologi*. 44(F): 69–82.
- Bello MM dan Raman AAA. 2017. Review : Trend and current practices of palm oil mill effluent polishing: Application of advanced oxidation processes and their future perspectives. *Environment Management Journal*. 198: 170-182.
- Chaijak P, Lertworapreecha M, dan Sukkasem C. 2018. Phenol removal from palm oil mill effluent using *Galactomyces reessii* termite-associated yeast. *Polish Journal Environmental Studies*. 27(1): 1-6.
- Chung CH. 2017. Recovery of residual oil from palm oil mill effluent using polypropylene nanofiber: a field trial. *International Journal Science Technology*. 3 (2): 276-294.
- Sari DK, Sundaryono A, dan Handayani D. 2017. Uji biofuel hasil perengkahan metil ester dari limbah cair pabrik minyak kelapa sawit dengan katalis MoNi/HZ. *ALOTROP. Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia*. 2017: 1(2): 127-131.



- Handoko DPP. 2002. Preparasi katalis Cr/Zeorit melalui modifikasi zeolit/alam. *Jurnal Ilmu Dasar*. 3 (1): 15-23
- Hanh HO, Nguyen F T, Kenji O, Maeda Y, Rokuro N. 2007. Effects of molar ratio, cathalyst concentration and temperature on transesterification of triolein with ethanol under ultrasonic irradiation. *Journal The Japan Petroleum Institute*. 50 (4) : 1 95-9.
- Jan L dan Bemd O. 2004. The influence of mass transfer on biodiesel production. *Chememical Engginering Technology Journal*. 27 (1) : 1156 - 9.
- Lam SM, Wong KA, dan Sin JC. 2018. Fabrication of flower-like ZnO Micro/Nanostructures for photodegradation of pre-treated palm oil mill effluent. *OP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 112 : 012003.
- Ramdja AF, Febrina L, dan Krisdianto D. 2010. Pemurnian minyak jelantah menggunakan ampas tebu sebagai adsorben. *Jurnal Teknik Kimia*. 1 (17): 7-14 .
- Said M, Mohamma AW, Nor MTM, Abdullah SRS, Hasan HB. 2015. Investigation of three pre-treatment methods prior to nanofiltration membrane for palm oil mill effluent treatment. *Journal Sains Malaysiana*. 44(3): 421–427.
- Said M, Hasana HA, Nora MTM, Mohammada AW. 2016. Removal of COD, TSS and colour from palm oil mill effluent (POME) using Montmorillonite. *Desalin. Water Treat. Journal* 57: 10490–10497.
- Semilin V. 2018. Effect of process parameters on removal of oil from pome using polypropylene micro/nanofiber. *International Journal Science Technology*. 3 (3): 212-226.
- Stavarache, Carmen, Vinatoru M, Maeda Y, Bandow H. 2007. ultrasonically driven continuous process for vegetable oil transesterification. *Ultrason Sonochem* :14:413-7.
- Subramaniam MN, Goh PS, Lau WJ, Ng BC, Ismail AF. 2017. AT-POME colour removal through Photocatalytic submerged filtration using antifouling PVDF-TNT nanocomposite membrane. *Journal Separation and Purification Technology*. 09:042.
- Sundaryono A. 2011. Karakteristik biodiesel dan blending biodiesel dari oil losses limbah cair pabrik minyak kelapa sawit. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 21 (1): 34-40.
- Sundaryono A, Handayani D, Budiman, Winda S, 2015. Perengkahan katalitik metil ester dari minyak limbah cair pabrik minyak kelapa sawit dengan katalis Cr/Mo/HZA dan Ni/Mo/HZA. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 25 (1): 78-84.
- Tani H, Hasegawa T, Shimouchi M, Asami K, Fujimoto K. 2011. Selective catalytic decarboxy-cracking of triglyceride to middle-distillate hydrocarbon. *Catalysis Today*. 164 . 410–414.
- Tambun R, Gusti ON, Nasution MA, Ranga PS, 2017. Biofuel production from palm olein by catalytic cracking process using ZSM-5 catalyst. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*. 6 (1): 50-55.
- Thaiyasiut IWP dan Pianthong K. 2011. Ultrasonic irradiation assisted synthesis of biodiesel from crude palm oil using response surface methodology. *Srinakharinwirot Engineering Journal*. 6(1): 16-30.
- Trisunaryanti W, Triwahyuni E, dan Sudiono S. 2005. Preparasi, modifikasi, dan karakterisasi katalis Ni/Mo/Zeorit alam dan Mo/Ni/Zeorit alam. *Jurnal Teknoindustri*. 10 (4): 269-283.